Ｉ Ｔ時代の設備管理システム

（本稿は株式会社　山武に投稿した論文を本人が修正加筆した論文である）

合同会社　TFMHY 研究所　代表　渡辺　勉

１．はじめに

国内産業は成熟化と空洞化により新たな設備投資は少なく、既存設備の延命化と設備効率の向上そして低コストでの維持管理が不可欠である。自動車や電機などの組立産業では従来から人手による保全が主体であり、

・熟練技術者のリタイヤなどによる技術者不足と保全技術の消失
・維持管理費削減の為の人員削減
・老朽化による設備故障の増大

等の理由で現状維持も難しい状況である。そのためには従来方式に代わる新たな設備管理手法が必要で、ＩＴがその手法の実現を容易にする。本稿でその手法と実現されたシステムを概説する。

２．組立産業における設備管理システムの課題

２．１　組立産業における設備管理の課題

自動車、電機など組立産業の設備は

・設備寿命が比較的短い（自動車のプレスなど数十年耐用もあるが基本的には製品寿命に依存し、装置産業に比べ短い）
・生産ラインが多種多様且つ異なるメーカの設備・機械で構成
・多数の設備が分散配置されている
・非連続、有人運転を前提
・連続稼働ではない（停止も可能）

のため、設備管理手法は人手による管理が基本で、設備管理のモラルの向上、組織的な設備管理を行うために、TPM などの手法が導入されている。従って設備管理は設備オペレータによる自主保全と専門保全員による経過時間をベースとする保全である TBM（Time Based Maintenance)、や故障した時点で保全を行う BM(Breakdown Maintenance)が主体と考える。しかし

・自動化によるオペレータ自主保全縮小で専門保全員負荷増大
・保全費削減、高齢化によるリタイヤで専門保全員減少、保全スキル・ノウハウの消滅
・国内外生産拠点の設備統合管理でサポート負荷の増大
・新技術的習得不足

等で従来の設備管理手法だけでは限界に来ていた。そこで新たな設備管理手法による設備管理が求められる。

新たな設備管理手法として

・保全効率の向上のための保全技術の集約化と情報共有
・保全技術の消失防止と技術向上のための保全技術の資産化と技術の容易な利用
・設備稼働率の向上のための予知保全技術の確立

が上げられる。これらの実現には情報を有効利用できるＩＴが有効である。

２．２　従来の設備管理システムの課題

石油や鉄鋼など装置産業の大型プラントでは古くからＩＴを利用した設備管理システムが導入されている。センターコンピュータに設備情報、部品情報、保全記録、故障情報及び故障分析、保全計画と実施結果などの情報を集約・蓄積した設備管理データベースを利用者が閲覧・加工する集中管理方式の設備管理システムである。最近はオペレータが入力しやすいように巡回者に PDA を持たせたり、センサーなど計測データと連係したり、様々な工夫が取られている。しかし多種の設備が分散設置される自動車、電機などの組立産業では

・メーカが設備毎に異なり、保全方式も異なる
・寿命も装置産業に比較して短く、更新が早いため過去の保全履歴が生かせない。
・人手による管理が主体であったので情報技術利用経験とスキルが少ない。

等の理由で同様の方法ではシステムの肥大化、複雑化、多大の維持管理費用の発生、経験スキルが無く使いこなせないなどのリスクを抱える。そのため組立産業に見合った設備管理システムが求められている。

３．設備管理システムのあるべき姿

新たな設備管理手法実現には設備管理のあり方を再考してみる必要がある。その上で設備管

理システムのあるべき姿を考え、実現に向けた手法を検討する必要がある。設備故障は設計上の課題、長期にわたった環境作用、オペレーション作用の結果発生する。その作用は千差万別で一つの設備だけに注目して管理しても時間的、確率的な制約から故障の再現や対策は難しい。また設備は導入から廃棄、更新までのライフサイクルで管理されるが、それらの関連する関係者間で情報共有が無く、根本的な対策がとれにくい。これらの課題を解決するには情報共有はもちろんのこと、設備故障対策の時間的、確率的制約を排除するための仕組みが必要である。その実現手法が設備管理システムのあるべき姿として捉えられる。その考え方を以下に示す。

３．１　設備管理における情報共有

３．１．１　設備のライフサイクルと関連部門の情報共有

設備は導入から維持管理、廃棄までのライフサイクルがある。各担当部門の関わり方は

・設備導入時
　部品メーカ→設備メーカ→生産技術→保全
・導入後の保全
　保全→（生産技術）→設備メーカ→部品メーカ

となる。

設備管理を最適化するにはこれらの関わり方を配慮した情報共有の場を考える必要がある。すなわち

・設計時点での設備管理を意識した設計
　（保全情報収集の仕掛も含む）
・設計情報の保全への正確な継承
・設備改善に反映すべき設備稼働（故障状況、稼働履歴等含む）情報の設計、生産技術、メーカへの継承

等である。これらの情報は理想的には常時情報共有がなされるべきである。これが適切に行われると、設備の生産から利用、維持管理がコンカレントに運営され、最適設備を短期導入し、最高の総合設備効率を最低コストで管理することが可能と考える。

３．１．２　設備管理に必要とする共有情報

共有情報には

・設備、部品の詳細情報
（詳細仕様を記述する）
・ユーザ側における設備情報
　（環境、稼働、設置状況、故障情報などユーザにおける情報の収集）
・設備、部品との設備情報との関係分析
・メーカにおける部品、設備情報の公開

がある。理想的にはこれらの情報を標準化し、関係者が共有できるオープンな環境を作ることである。技術的には IT 利用した情報ネットワークの構築、マルチメディアを利用した情報化や３ＤCAD やＸＭＬなどを利用して標準化を行うなどの方法がある。実施にはそれぞれの立場が整合できず困難が予想されるが、強力に実施するにはユーザ、メーカなどから構成する標準化協議会などを組織し、具体的に成果を示しながら時間をかけて行う必要と考える。

３．２　設備故障対策の時間的、確率的制約を排除するための仕組み

組立産業の設備の設置状況は

・施設、設備、機械が工場内または広域に分散
・多種、多数および異なるメーカの設備・機械が設置
・一つの生産ラインでも設備、機械は異なるメーカで構成。
・設備、機械は増設、変更、更新が頻繁
・新旧の設備が混在

が一般的である。このような状況で根本的な故障対策や予知保全への対応は困難である。、そこで設備の構成と管理単位の考え方を整理。工夫することが必要である。その考え方を示す。

３．２．１　設備は部品の集合

設備は基本的に部品集合である。（図１）従って部品単位の故障要因を分析し、対策を施すことにより、設備故障対策も出来る。設備は多種、多様であるが、部品レベルに分解すると設備は同じような部品で構成されていることが多い。そのため多種多様の設備が設置されても、部品レベルで考えるとその違いは限定できる。また同じ部品に注目すれば部品が多いだけ、故障の発生確率も高く、再現性も高くなる。設備故障は部品故障または部品間の異常により発生すると考える。（部品間の異常とは部品そのものに異常はないが、ねじやベルトのゆるみ等でモータが空回りするなどの伝達不良などを言う）部品故障は設計上の由来と設置状況も含めた、環

境条件と経時的変化、稼働状況により、発生すると考える。部品レベルで故障を考えると要因が単純化され、環境などの変化と故障との関連付ける故障モデル化が容易である。また部品単位で捉えると部品メーカの故障情報も利用できる。このように部品レベルへの展開は設備管理の容易化につながる。但しこのような管理は情報量の増大とリモート管理が必要となるのでIT の利用は不可欠である。

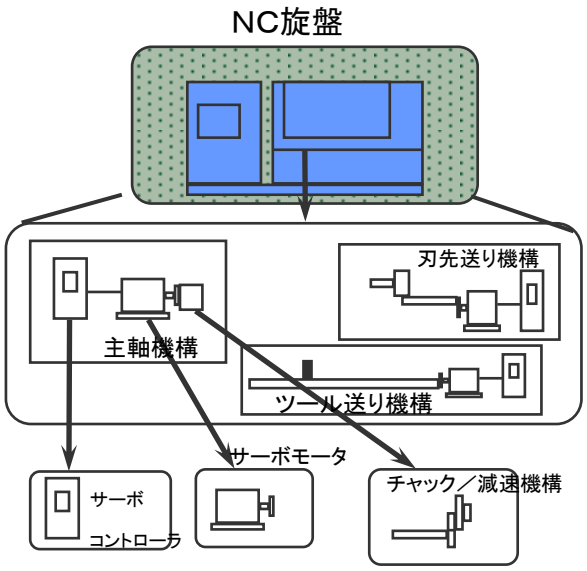


図１　設備の部品展開

３．２．２　ミクロな故障モデルの確立とそのモニタリング

先に述べたように部品の故障は設計上の仕様と、稼働条件、環境条件でほぼ決定できるため（確率的な故障もあるが）それらのデータを収集し、故障解析を行えば故障の予測が可能と考える。部品レベルで故障を解析（故障のモデル化）する事により、設備の故障を予測できると考える。故障の発生原因は

- 温度、圧力、湿度、雰囲気ガスなどの雰囲気条件
- 流体内の圧力、流量、温度、粘度、質量、流体の化学的・物理的性質などのプロセス条件
- 機械的な衝撃、疲労、摩擦、摩耗
- 電気的な負荷
- 経時的変化

であり、部品の設計上の仕様を超えたことで発生すると考えられる。従ってそれらを故障の結果と対比して分析すれば故障モデルが出来ると考える。これらの条件を計測することにより、部品故障との関連をモデル化できるものと考える。モデル化が出来ればモニタリングにより、条件を満足できない状況になった時点で、故障予報を出力したり、あらかじめ対策を施すことが可能と考える。

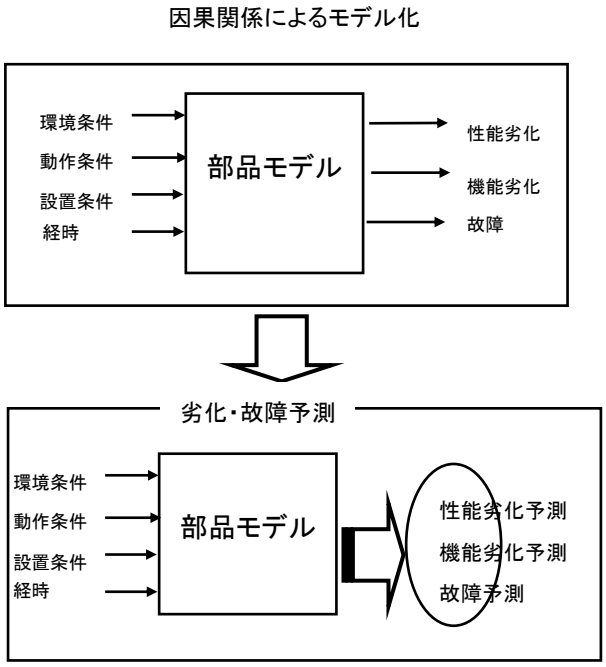


図２部品のモデル化の概念

３．２．３　部品間の故障は性能やロスで評価

部品故障だけでは設備故障を全て表せない。部品間の異常は部品故障では表現できない。そのためには性能、効率などの劣化を捉えることが必要である。部品間の結合モデルを考える必要がある。例えば送風機であればモータとファンの結合異常（ベルトのゆるみ、摩耗等）は風量の性能劣化となる。すなわち本来の性能曲線からはずれたことで把握できる。これもモデルを作成して計測・モニタリングすることで対策が可能である。

３．３　設備管理システムのあるべき姿

設備管理において情報共有や部品レベルでの考え方を示したが、設備管理の解決のキーがITを高度に利用することである。設備管理の課題は基本的には

・情報の収集が出来ていないこと
・情報共有がなされないこと
・組織的な管理ができないこと
・故障を解析するためのリソースがないこと

に起因する。これらの多くは IT を利用して、適切に管理すれば解決できるものである。以下に IT を利用した設備管理システムの考え方を示す。

３．３．１　設備そのものに注目する

故障の発生元は設備(部品)そのものである。従って設備の状況を詳細に把握すれば故障の予測が可能である。(もちろん設計情報が必要である) 従って設備の状況とは設備そのものだけでなく設備にかかわる全ての情報である。

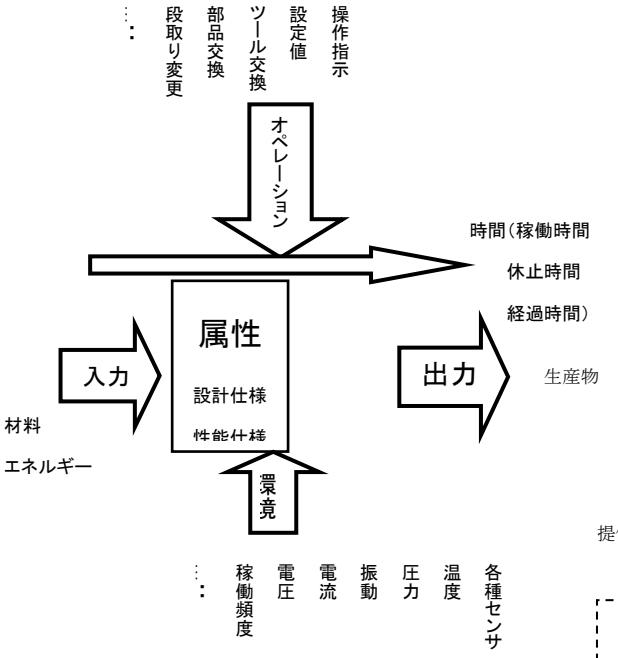


図３設備にかかわる情報

これらの設備データを収集し、履歴として蓄えて解析することにより、設備の運転条件が把握できるので、それらのデータから設備故障の要因を明確にすることが出来る。従って設備のデータを出来るだけ収集できる環境とする。設備にはコントローラや NC、ＰＬＣなどが使用されているので､それらを利用することが出来る。

３．３．２　設備単位で考える

設計条件が記述された仕様書、設計図、故障履歴なども全て設備情報として設備単位（設備単独）で考える。設備単位とは設備の管理者が明確に出来る単位である。従って設備の導入から廃棄まで一貫して設備単位で情報を管理する。設備単位に考えると設備の管理者は明確となっているので情報管理も自己責任となり、担当者が変更になっても引継が容易であり、ライフサイクルにわたって管理が明確になる。

３．３．３　設備単位の情報をネットワークで結合する分散サーバシステムとする。

設備情報を設備単位で管理し、情報はネットワークで接続する分散サーバ方式で公開する。それを設備情報サーバとする。

・設備情報サーバの内容を記載したリストを公開する。
・情報を利用する側はリストをもとに設備情報を利用する
・リストには設備の基本的な属性（名称、設置場所、管理責任者、情報公開できるデータリスト、ネットワーク上の識別できるアドレス等）を記載する。これらの情報はテキストであっても、ＸＭＬなどで記述しても良い。
・設備情報を利用する側（クライアント）はリストに基づいて情報を受け取ることが出来る。
・リストの提供方法は一対一で提供しても、共通のリスト専用のサーバを設置し、そこにおいてもよい。

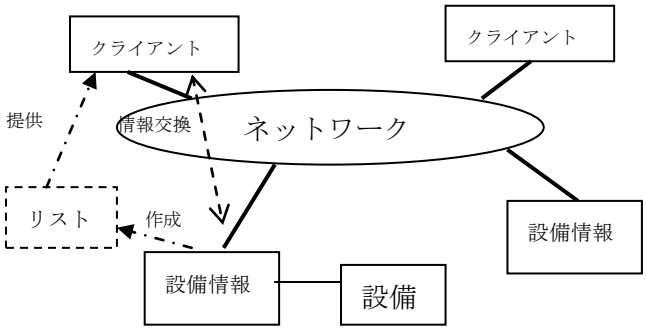


図４分散サーバコンセプト

このような方法をとることにより、設備情報は独立しながらも情報共有が可能となる。

以上のような仕組みをとることにより

・形態的にはＰ２Ｐ(Peer　to　Peer)のシステムとなり、情報管理サーバ（管理者も不要）が不要な非常にシンプルなシステムとなる
・改修、増設、移設などにも必要とする設備を変更すれば良く、システムが柔軟に対応可能

・リストの内容を利用者側に使い易いまたは必要最低限の情報提供が可能（利用者毎にリストを作ることも可能）
・全体的なシステムに影響しないため、サーバ側の情報を変更しなければ利用する側でリストを元に自由なアプリケーションを作成できる。（利用する側のスキルや役割に合わせて対応できる）

など非常にフレキシブルなシステムとなる。

３．３．４　サーバに全ての情報を集約する

設備情報は設備情報サーバに設備に関する全ての情報を集約する。

・設備の設計仕様書、図面、取扱説明書、部品表等の設備に当初から付随する特有の書類
・設備の状態情報（環境情報、稼働情報、故障情報、エネルギー情報、生産情報等を現在値と履歴データ）
・保全履歴（点検履歴、故障履歴、修理履歴、改造履歴等）
・マルチメディア情報（映像、音声など――カメラやマイクの音などを現在値と履歴ファイルを保存）

上記の対応を行うことにより、情報は設備単位で集約されるので設備の異常等が発生した場合でも当該の設備情報サーバの内容から容易に対応がはかれる。また情報の公開の方法はＦＴＰやＨＴＴＰなどと組み合わせて利便性を高めることも重要である。基本的には IT を利用できるところは出来るだけ有効に利用することである。

３．３．５　分散サーバを利用した部品モデル化

設備単位の分散サーバを利用して部品のモデル化を行うことにより、故障の予測が容易となると考える。その考え方を説明する

・サーバを設備の単位として考え、サーバのデータを部品の集まりとして考える。
・部品にかかわるデータを一つのグループとして、故障との関係をデータでモデル化する。モデル化は当初から必ずしも完全な形でなくても良く、故障との関係がわかる程度で行う。（当初は文献や経験値からくる予想でも良い）
・同様に同じ設備、他の設備の同じ部品に対して同じようなモデル化を行う。
・部品故障が発生した場合、他の部品のデータとの違いを調査する。
・これらを繰り返していくと部品のモデルが完成して、どの条件が部品の故障の原因かどうかが明確になる。
・その後は原因となるデータを指標として予測しモニタリングする事により故障の予測が可能と考える。（実際には簡単ではないが、データ分析を蓄積することにより可能となると考える）

４．IT を利用した分散型システム事例

４．１　通信の標準化

設備管理は異なるメーカ、異なる管理者、異なるユーザが設備の情報を共有するので、その仕組みが必要となる。従ってどの設備情報サーバとの情報交換が出来るように、通信の標準化が必要と考える。

設備管理システムの場合は、

・異なるメーカから、多種のシステムが導入される
・移設、増設などが繰り返される。
・情報を利用する側と設備を設置する側は必ずしも同一担当者ではないので設備や部品の意味付けなどアプリケーション上の名称まで伝達する必要がある
・クライアントリモートからサーバの仕組みを意識しないで通信が出来る

などを前提としており、疎な関係で相互に通信が出来る通信の標準化が必要である。そこで農業施設（温室）栽培における栽培管理、遠隔管理を目的として高度施設標準化通信規格という名称の規格を農業関係のメーカで作成した。その内容が設備管理としても利用できると考えるので、以下に説明する。

４．１．１　通信規格の条件

農業施設は地域に個々に分散するとともに、管理にかかわる関係者は農業生産者だけでなく、試験研究機関、農業普及員、ＪＡ、流通、小売りなど多くの関係者が情報を共有するという課題をもとに情報共有の仕組みを検討した結果、基本的な条件として

・集中管理方式は出来ない（施設は分散しており、施設は生産者個人の所有である）

・情報の管理者は生産者である
・情報の利用者は利用する側の目的でアプリケーションを考える
・システムの構築は情報の利用者とは全く別な立場（システム構築には携わらない）である
・低コストで対応する必要がある。
・メーカなどの専用通信には依存しない
・どのようなシステム（ＯＳ、コンピュータ等）に依存しない
・情報の意味を出来るだけ明確にする

などである。その条件にあった規格が必要であり規格を作成した。規格の詳細はhttp://w3.fb.u-tokai.ac.jp/std/）にあるので参照されたい。

４．１．２　通信規格の内容

通信規格のキーポイントを示すと

・サーバ（データ提供側）とクライアント（データ収集側）の一対一の通信形態とする。
・通信電文はテキストベースのコマンドで行う。（ＯＳなどに依存しないため）
・マルチコマンドとする（リモートを前提としているので一度のコマンドで多くの処理が可能とするため）
・ＩＤとパスワードでサーバのデータセキュリティの強化と、クライアントの認識を行う
・データの意味をグループ単位で決めることが出来るデータ構造とする（コマンド用のデータ名称とアプリケーション用のデータ名称を用意する）
・サーバ側で簡単なデータベースエンジンとしての処理を行う（履歴データの取り出し、抽出、平均、最大、最小などの演算）
・サーバとクライアントはＩＰアドレスとポート番号でアクセスする。

そして重要な点はサーバの内容を標準化マップファイルというテキストファイル（３．３．３のリストと同じ考え）で記述し、データを利用する側のクライアントはこのファイルを参照するだけでデータ交換が可能とする仕組みである。シンプルな構造のため、小規模から大規模までのシステムが構築できる。すなわちこの構造を利用することにより､分散サーバを構成できる。（Ｐ２Ｐのシステムが可能となる）

４．２　分散型データ収集システム「どこでもデータ.NET」

分散サーバシステムを構築できるように、先の通信規格を満足する仕組みを盛り込み設備管理に適したシステムを開発した。本システムは設備管理システムというより、データ収集分析を目的としたものであるが、これを利用する事により設備管理システムをユーザが構築することが出来る。本システムにＦＴＰサーバ、カメラサーバなどを接続すればあるべき姿のプロトタイプが構築できる。後はこれを利用してモデル化を行うことにより、より理想的な設備管理システムが可能である。詳細についてはhttp://www.tfmhy.com/dokodemodata.net を参照されたい。以下に概要を示す。

４．２．１　システム概要

本システムは設備側でデータを収集するサーバと、利用者が分析を行うプラットホームであるクライアントのソフトから構成されている。

・サーバはＰＬＣなどの機器から通信でデータを収集し、それをデータベース（Microsoft 社の MDB ファイル形式で保存）に履歴ファイルとして保存する。
・サーバはネットワークとポート番号でアプリケーションを認識されている。
・サーバで収集されているデータコンテンツは標準マップファイル（リスト）という形でテキストで出力され、（各クライアントに必要なデータをリストとして作成できる）
・クライアントは Microsoft 社の Excel 上で動作し（コントロールという ActiveＸのコマンドとしてアドオンされ、コマンドの中にサーバとの通信や Excel 上へのデータ張り付け方法を記載する）サーバのデータを Excel 上にのセルに展開（貼り付け）するものである。
・基本的には Excel のドキュメントであるのでコマンドを貼り付けたファイルをコピーをしてもそのまま利用できる。
・クライアントにおいて、サーバの内容の認識には Excel のファイルのあるフォルダーに標準マップファイルを置くだけで、Excel を開くときに自動的に認識する。

などシンプルさと使い易さを重点に開発した。

４．２．２　設備管理としての機能強化

設備管理システムとして機能強化するには
・データベースとしての機能強化
・リモート通信の強化
を必要としている。

（１）　データベースとしての機能強化

どこでもデータはリアルタイムデータベースを収集するツールとして利用されているが、より高度なデータベースとしての利用ニーズがある。そこで
・データベースエンジンの強化（検索、抽出など）
・データベースリモートコマンドの強化（上記データベースをリモートで利用可能とする）
・データベースのバックアップ
・設備単位、部品単位へのデータベースの細分化
などを強化した。

（２）　リモート通信の強化

設備管理の遠隔管理(リモートメンテナンス)が求められているが、現在対応している TCP ではダイアルアップによる通信、VPN (Virtual Private Network)、専用線などの対応をとらねばならない。その結果
・設置費用が高い
・運用費用がかかる
などリモートメンテナンスの費用が高価となる。また企業内に設置した場合、セキュリティの関係上、外部から企業内のＬＡＮを利用することは出来ない。そこで新たな取り組みとして、上記の課題を解決する手段としてメール（POP、SMTP 通信）をコマンド、レスポンスの形で対応した。これにより、メールが利用できる環境ではサーバとクライアント間で通信が可能となる。これはリモートメンテナンスはもちろんのこと、関連会社や海外の工場と通信を行う際にも有効である。

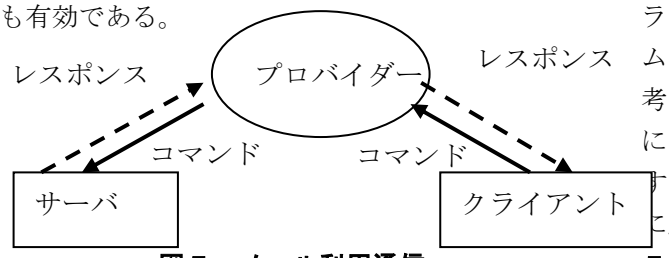
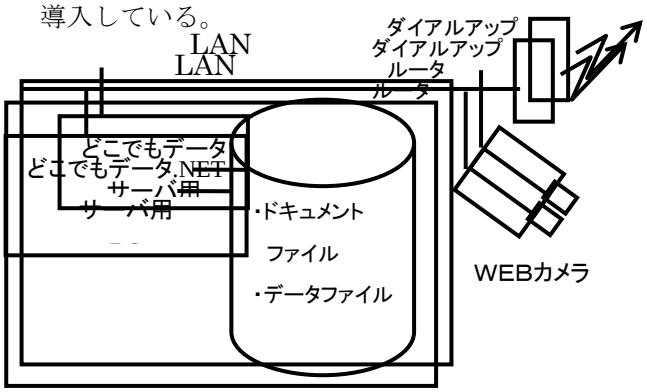


図５　メール利用通信

但し、メールは到達時間の遅さや、メールサーバに負担がかけられないので、高速な通信は期待できない。そこで更に高速な通信を行うために、ダイナミックＤＮＳ（Domain　Name System）を利用したものへの対応も開始した。

４．３　分散データサーバ

どこでもデータは設備の環境、稼働状況のリアルタイムデータであるが､分散サーバとし３．３．３で説明した設備情報サーバとしての事例を示すと、サーバ用パソコンに仕様や図面などのドキュメント、現場での手入力ファイルをサーバ上にファイルとして保存する。またサーバ側に、USB や LAN 上にカメラを設置、それをサーバ上に画像ファイルとして保存する。このような形で設備情報サーバとして実施した。ドキュメントは FTP たは HTTP で取得し、画像は HTTP で取得する。このように IT の機能を利用すると低コストで容易に設備情報サーバを構築できる。尚実際の設置は生産農家の施設に導入している。



遠隔サーバパソコン

図６　分散データサーバ

５．分散サーバシステムの用途拡大

以上 IT を利用した設備管理システムの考え方を説明し、それが実現できるという実証として弊社の事例を説明した。設備管理の IT 化は始まったばかりである。保全現場では IT の導入事例は少ないが、設備管理には最適なインフラであり、それを利用した分散型設備管システムは IT が発達するに従い主流になるのではと考える。今までの説明のように設備管理の発展に IT 不可欠と考える。今後本システムを拡大することにより、より広範なアプリケーションに展開できるものと考え、以下に説明する

５．１　他部門への展開

分散サーバの考え方は設備管理だけでなく、品質管理、エネルギー管理、生産管理、環境管

理も同じ情報を共有して利用して対応できる。

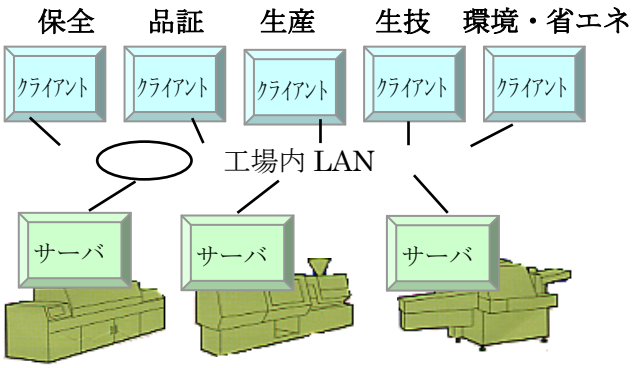


図７　他部門での情報共有

設備には設備管理のデータだけでなく、品質、生産、環境・省エネなどにかかわる情報も馳駆されており、そのデータをそれぞれの部門が利用し、分析などを行うことにより、効果的な改善などへの展開が出来る。先に述べた情報共有には最適の環境を構築できる。またこの姿こそが TPM の基本として生産全体の情報の管理が可能ではないと考える。

５．２　リモートメンテナンス事業

ユーザにおいて専門保全のリソースが少ない場合、外部にメンテナンスを依存する必要がある。また高度な技術、専用の技術者が不在の場合はリモートメンテナンス事業者に依存する。そのような場合も分散サーバ方式で対応が可能と考える。一般のリモートメンテナンスの仕組

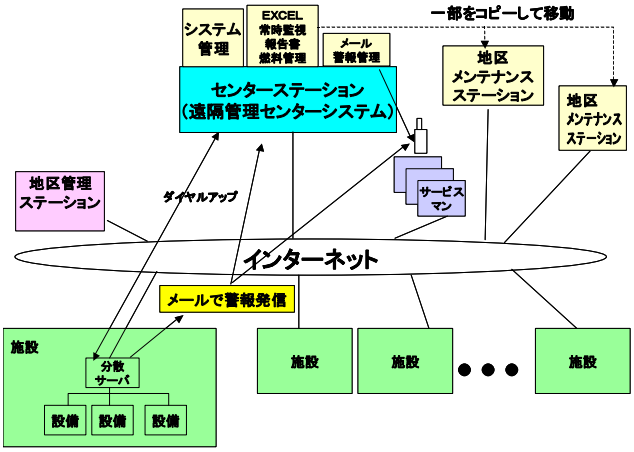


図８　リモートメンテナンスシステム

はリモートメンテナンスセンターにユーザの設備情報を集約した集中サーバ方式が主流であった。この方式は通信コストの負担、サーバの維持管理に多大なコストがかかり、ユーザが高いメンテナンス費用を負担せざるを得ない。しかし分散サーバとメール通信を利用すると上記の維持管理、通信コストが大幅に削減でき、低コストなリモートメンテナンスシステムが構築できる。またサービス員がどこにいても対応できるのでリモートメンテナンスのフランチャイズ化が可能と考える。事例としては分散発電装置や試験装置のリモート管理に利用されておいる。分散電源では、全国の数十カ所の遠隔管理として実績を持つ。このアプリケーションではメンテナンスだけでなく、料金徴収や燃料の供給管理の用途にも利用されている。試験装置では試験データ収集、監視等に利用されている。

５．おわりに

先に説明した故障モデルをはじめ、本考え方を多くの関係者が利用することより、設備管理の最適な運営が可能と考える。理想的には設備のライフサイクルに対応した、多くの関係者による情報共有をはかる必要がある。企業間ではそれぞれ、独自の方式や、公開できない情報があり、オープン化は難しいと考えるが、それぞれの企業が賛同出来れば大幅な保全コストの削減と無駄な故障による損失の低減が可能と考える。また保全技術の資産化と技術の容易な利用、予知保全技術の確立には多くの関係者の参画と大学や試験研究機関の保有する高度技術の利用が不可欠と考える。そのためには産学共同で情報を共有し、分析し、その成果を共有することが必要と考える。

ＩＴインフラは今後ますます高度化し、低コストで利用できる。企業間の壁を超えた情報共有が可能となると、分散サーバシステムをＩＴインフラに直結してユビキタスな設備管理システムが構築でき、場所や企業を超えた設備管理が可能となる。その姿は今までの設備管理のあり方を大きく変えるものと考える。出来ればそれに向かった施策を関係者が集まって検討したいものである。

本稿は学術的な観点より、ユーザニーズを基本に、設備管理のあるべき姿を構想し、IT を利用することにより、実現を試みたものである。従って至らない点や不都合な点、また学術的的な観点から評価できない点が多々あると考える。そこで忌憚ない意見をいただきたき、今後本システムおよびコンセプトの改善、拡張を行い、

その結果として、設備管理の技術向上とコスト低減､付加価値向上に貢献できれば幸いである。
注:Microsoft は米国 Microsoft 社の登録商標です。

参考文献

[1]　渡辺勉:「設備保全情報システムの問題点とあるべき姿」TPM　COMFERRENCE’97、日本プラントメンテナンス協会
[2]　大場浩二ほか　「保全情報活用研究会報告」
’97 設備管理研究発表会、日本プラントメンテナンス協会
[3]渡辺　勉　「**ＩＴ時代における新たな設備管理システム**」設備管理学会２００１年春季大会、日本プラントメンテナンス協会主催２００１年ＴＰＭコンファレンス